

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 07099314 A

(43) Date of publication of application: 11.04.95

(51) Int. Cl.
H01L 29/78
H01L 21/20
H01L 21/205
H01L 27/092

(21) Application number: 06133633

(22) Date of filing: 24.05.94

(30) Priority: 25.05.93 JP 05147003

(71) Applicant: SEMICONDUCTOR ENERGY LAB
CO LTD

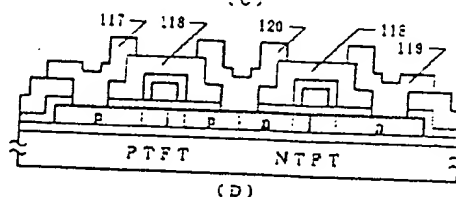
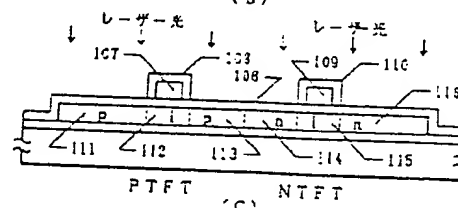
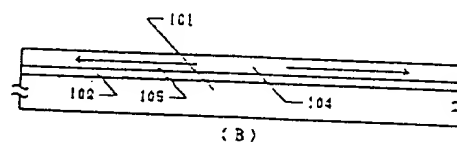
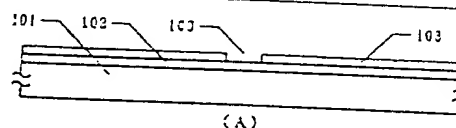
(72) Inventor: CHIYOU KOUYUU
TAKAYAMA TORU
TAKEMURA YASUHIKO
MIYANAGA SHOJI
OTANI HISASHI

(54) SEMICONDUCTOR DEVICE

(57) Abstract:

PURPOSE: To lower a temperature required for crystallization, and to shorten the time by conforming the direction of crystal growth and the direction that carriers are moved in a semiconductor device.

CONSTITUTION: The foundation film 102 of silicon oxide is formed onto a substrate 101, and a mask 103 formed of method or silicon oxide film, is shaped. A nickel silicide film is formed selectively in a region 100. An intrinsic (I-type) amorphous silicon film is formed, and the amorphous silicon film is crystallized through annealing in an reductive hydrogen atmosphere for four hours. Impurities (phosphorus and boron) imparting one conductivity type are implanted into an active layer region. Accordingly, n-type impurity regions 114 and 116 and p-type impurity regions 111 and 113 are formed, and the region of a p-channel TFT (PTFT) and the region of an n-channel TFT (NTFT) can be formed. Annealing is conducted by the irradiation of laser beams.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-99314

(43) 公開日 平成7年(1995)4月11日

| (51) Int.Cl. ⁶ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|---------------------------|--------|---------|-----|--------|
| H 0 1 L | 29/784 | | | |
| | 21/20 | 8122-4M | | |
| | 21/205 | | | |
| | 27/092 | | | |

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平6-133633

(22) 出願日 平成6年(1994)5月24日

(31) 優先権主張番号 特願平5-147003

(32) 優先日 平5(1993)5月26日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 張 宏勇

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 高山 徹

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 竹村 保彦

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

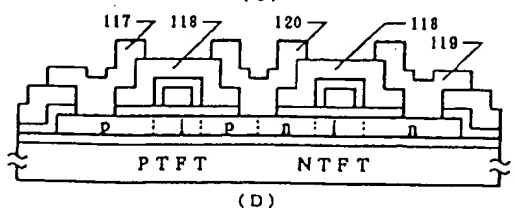
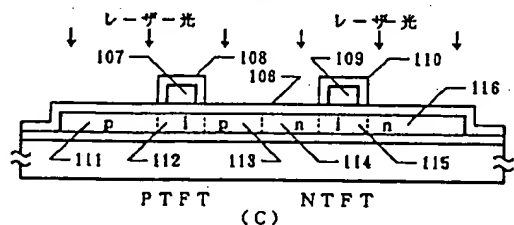
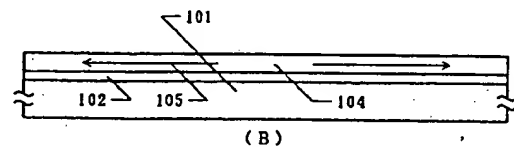
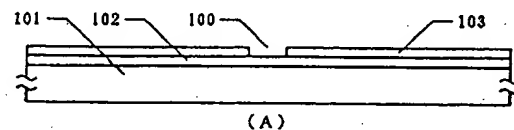
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【目的】 キャリアの移動度の高い半導体装置を得る。

【構成】 基板101上の下地膜102上に105の方向に結晶成長した結晶性を有する非単結晶珪素膜を設け、この結晶成長した方向とキャリアが移動する方向と概略一致する方向に、ソース/ドレイン領域、111/113を設けることにより、高移動度を有する半導体装置を得る。この結晶成長した方向は、[110]の軸方向を有し、また他の方向に対して高い導電率を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に設けられた結晶性を有する非単結晶珪素半導体膜を用いた半導体装置であって、前記半導体膜は基板表面に概略平行な方向に結晶成長しており、前記結晶成長方向は概略〔110〕軸の方向に一致し、前記結晶成長方向と前記半導体装置におけるキャリアが移動する方向とを概略一致せしめたことを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 基板上に設けられた結晶性を有する非単結晶珪素半導体膜を用いた半導体装置であって、前記半導体膜は基板表面に概略平行な方向に沿って結晶粒界を有し、前記結晶粒界に沿った方向と前記半導体装置におけるキャリアが移動する方向とを概略一致せしめたことを特徴とする半導体装置。

【請求項3】 基板上に設けられた結晶性を有する非単結晶珪素半導体膜を用いた半導体装置であって、前記半導体膜は基板表面に概略平行な方向に結晶成長しており、前記結晶成長方向は他の方向に対して高い導電率を有し、前記結晶成長方向と前記半導体装置におけるキャリアが移動する方向とを概略一致せしめたことを特徴とする半導体装置。

【請求項4】 基板上に設けられた結晶性を有する非単結晶珪素半導体膜を用いた薄膜トランジスタであって、前記半導体膜は基板表面に概略平行な方向に結晶成長しており、前記結晶成長方向と前記薄膜トランジスタのチャネルにおいて流れるキャリアの方向とを概略一致せしめたことを特徴とする半導体装置。

【請求項5】 基板上に設けられた結晶性を有する非単結晶珪素半導体膜を用いた薄膜トランジスタであって、前記半導体膜は基板表面に概略平行な方向に結晶成長しており、かつ前記結晶成長方向は概略〔110〕軸方向を有し、前記結晶成長方向と前記薄膜トランジスタのチャネルにおいて流れるキャリアの方向とを概略一致せしめたことを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ガラス等の絶縁基板上に設けられたTFT（薄膜トランジスタ）を有する半導体装置及びその作製方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 ガラス等の絶縁基板上にTFTを有する半導体装置としては、これらのTFTを画素の駆動に用いるアクティブ型液晶表示装置やイメージセンサー等が知られている。

【0003】 これらの装置に用いられるTFTには、薄膜状の珪素半導体を用いるのが一般的である。薄膜状の珪素半導体としては、非晶質珪素半導体（a-Si）からなるものと結晶性を有する珪素半導体からなるものの2つに大別される。非晶質珪素半導体は作製温度が低く、気相法で比較的容易に作製することが可能で量産性に富むため、最も一般的に用いられているが、導電率等の物性が結晶性を有する珪素半導体に比べて劣るため、今後より高速特性を得る為には、結晶性を有する珪素半導体からなるTFTの作製方法の確立が強く求められていた。尚、結晶性を有する珪素半導体としては、多結晶珪素、微結晶珪素、結晶成分を含む非晶質珪素、結晶性と非晶質性の中間の状態を有するセミアモルファス珪素等が知られている。

【0004】 これら結晶性を有する薄膜状の珪素半導体を得る方法としては、

- (1) 成膜時に結晶性を有する膜を直接成膜する。
- (2) 非晶質の半導体膜を成膜しておき、レーザー光のエネルギーにより結晶性を有せしめる。
- (3) 非晶質の半導体膜を成膜しておき、熱エネルギーを加えることにより結晶性を有せしめる。

と言った方法が知られている。しかしながら、(1)の方法は良好な半導体物性を有する膜を基板上に全面に渡って均一に成膜することが技術上困難であり、また成膜温度が600℃以上と高いので、安価なガラス基板が使用できないというコストの問題もあった。また、(2)の方法は、現在最も一般的に使用されているエキシマレーザーを例にとると、レーザー光の照射面積が小さいため、スループットが低いという問題がまずあり、また大面積基板の全面を均一に処理するにはレーザーの安定性が充分ではなく、次世代の技術という感が強い。(3)の方法は、(1)、(2)の方法と比較すると大面積に対応できるという利点はあるが、やはり加熱温度として600℃以上の高温にすることが必要であり、安価なガラス基板を用いることを考えると、さらに加熱温度を下げる必要がある。特に現在の液晶表示装置の場合には大画面化が進んでおり、その為ガラス基板も同様に大型の物を使用する必要がある。この様に大型のガラス基板を使用する場合には、半導体作製に必要不可欠な加熱工程における縮みや歪みといったものが、マスク合わせ等の精度を下げ、大きな問題点となっている。特に現在最も一般的に使用されている7059ガラスの場合には、歪み点が593℃であり、従来の加熱結晶化方法では大きな変形を起こしてしまう。また、温度の問題以外にも現在のプロセスでは結晶化に要する加熱時間が数十時間以上にも及ぶので、さらにその時間を短くすることも必要である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記の問題を解決する手段を提供するものである。より具体的には

非晶質珪素からなる薄膜を加熱により結晶化させる方法を用いた、結晶性を有する珪素半導体からなる薄膜の作製方法において、結晶化に必要な温度の低温化と時間の短縮を両立するプロセスを提供することをその目的とする。勿論、本発明で提供されるプロセスを用いて作製した結晶性を有する珪素半導体は、従来技術で作製されたものと同等以上の物性を有し、TFTの活性層領域にも使用可能なものであることは言うまでもないことである。

【0006】〔発明の背景〕本発明人らは、上記従来の技術の項で述べた、非晶質の珪素半導体膜をCVD法やスパッタ法で成膜し、該膜を加熱によって結晶化させる方法について、以下のような実験及び考察を行った。

【0007】まず実験事実として、ガラス基板上に非晶質珪素膜を成膜し、この膜を加熱により結晶化させるメカニズムを調べると、結晶成長はガラス基板と非晶質珪素との界面から始まり、ある程度の膜厚以上では基板表面に対して垂直な柱状に進行することが認められた。

【0008】上記現象は、ガラス基板と非晶質珪素膜との界面に、結晶成長の基となる結晶核（結晶成長の基となる種）が存在しており、その核から結晶が成長していくことに起因すると考察される。このような結晶核は、基板表面に微量に存在している不純物金属元素やガラス表面の結晶成分（結晶化ガラスと呼ばれるように、ガラス基板表面には酸化珪素の結晶成分が存在していると考えられる）であると考えられる。

【0009】そこで、より積極的に結晶核を導入することによって結晶化温度の低温化が可能ではないかと考え、その効果を確認すべく、他の金属を微量に基板上に成膜し、その上に非晶質珪素からなる薄膜を成膜、その後加熱結晶化を行う実験を試みた。その結果、幾つかの金属を基板上に成膜した場合においては結晶化温度の低下が確認され、異物を結晶核とした結晶成長が起こっていることが予想された。そこで低温化が可能であった複数の不純物金属について更に詳しくそのメカニズムを調査した。

【0010】結晶化は、初期の核生成と、その核からの結晶成長の2段階に分けて考えることができる。ここで、初期の核生成の速度は、一定温度において点状に微細な結晶が発生するまでの時間を測定することによって観測されるが、この時間は上記不純物金属を成膜した薄膜ではいずれの場合も短縮され、結晶核導入の結晶化温度低温化に対する効果が確認された。しかも予想外のことであるのだが、核生成後の結晶粒の成長を加熱時間を変化させて調べたところ、ある種の金属を成膜後、その上に成膜した非晶質珪素薄膜の結晶化においては、核生成後の結晶成長の速度までが飛躍的に増大することが観測された。このメカニズムについては後ほど詳しく述べることにする。

【0011】いずれにしろ、上記2つの効果により、あ

る種の金属を微量に成膜した上に非晶質珪素からなる薄膜を成膜、その後加熱結晶化した場合には、従来考えられなかったような、580℃以下の温度で4時間程度の時間で十分な結晶性が得られることが判明した。このような効果を有する不純物金属の中で、最も効果が顕著であり、我々が選択した材料がニッケルである。

【0012】ニッケルがどの程度の効果を有するのか一例を挙げると、なんら処理を行なわない、即ちニッケルの微量な薄膜を成膜していない基板上（コーニング7059）にプラズマCVD法で形成された非晶質珪素からなる薄膜を窒素雰囲気中での加熱によって、結晶化する場合、その加熱温度として600℃とした場合、加熱時間として10時間以上の時間を必要としたが、ニッケルの微量な薄膜を成膜した基板上の非晶質珪素からなる薄膜を用いた場合には、4時間程度の加熱において同様な結晶化状態を得ることができた。尚この際の結晶化の判断はラマン分光スペクトルを利用した。このことだけでも、ニッケルの効果が非常に大きいことが判るであろう。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記説明から判る様に、ニッケルの微量な薄膜を成膜した上から、非晶質珪素からなる薄膜を成膜した場合、結晶化温度の低温化及び結晶化に要する時間の短縮が可能である。そこで、このプロセスをTFTの製造に用いることを前提に、さらに詳細な説明を加えていくことにする。尚、後ほど詳述するが、ニッケルの薄膜は基板上のみならず非晶質珪素上に成膜しても同様の効果を有すること、及びイオン注入でも同様であったことから、今後本明細書ではこれら一連の処理を「ニッケル微量添加」と呼ぶことにする。

【0014】まずニッケル微量添加の方法について説明する。ニッケルの微量添加は、基板上に微量なニッケル薄膜を成膜し、その後非晶質珪素を成膜する方法でも、先に非晶質珪素を成膜し、その上から微量なニッケル薄膜を成膜する方法でも、両者同様に低温化の効果が有り、その成膜方法はスパッタ法でも、蒸着法でも、塗布法やスピンコーティング法でも可能で、成膜方法は問わないことが判明している。ただし、基板上に微量なニッケル薄膜を成膜する場合、7059ガラス基板の上から直接微量なニッケル薄膜を成膜するよりは、同基板上に酸化珪素の薄膜を成膜し、その上に微量なニッケル薄膜を成膜した場合の方が効果がより顕著である。この理由として考えられることとして、珪素とニッケルが直接接触していることが今回の低温結晶化には重要であり、7059ガラスの場合には珪素以外の成分がこの両者の接触あるいは反応を阻害するのではないかということが挙げられる。

【0015】また、微量添加の方法としては、非晶質珪素の上または下に接して薄膜を形成する以外に、イオン注入によってニッケルを添加してもほぼ同様の効果が確

認された。ニッケルの量については、 $1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ 以上の量の添加において低温化が確認されているが、 $1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 以上の添加量においては、ラマン分光スペクトルのピークの形状が珪素単体の物とは明らかに異なることから、実際に使用可能であるのは $1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3 \sim 5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ の範囲であると思われる。また、半導体物性として、TFTの活性層に使用することを考えると、この量を $1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3 \sim 1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ に抑えることが必要である。

【0016】続いて、ニッケル微量添加を行った場合の結晶成長及び結晶形態の特色について述べ、そこから推測される結晶化機構について説明を加える。

【0017】上述の通り、ニッケルを添加しない場合には、基板界面等の結晶核からランダムに核が発生し、その核からの結晶成長も同様にランダムで、作製方法によっては(110)或いは(111)に比較的配向した結晶が得られることが報告されており、当然ながら薄膜全体に渡ってほぼ均一な結晶成長が観測される。

【0018】まずこの機構を確認すべく、DSC(示差走査熱量計)による解析を行った。プラズマCVDで基板上に成膜した非晶質珪素薄膜を、基板についたまま試料容器に充填し、一定速度で昇温していった。すると、およそ700℃前後で明確な発熱ピークが観測され、結晶化が観測された。この温度は、昇温速度を変えると当然シフトするが、例えば10℃/minの速度で行った場合には700.9℃から結晶化が開始した。次に昇温速度を3種類変えたものを測定し、それらから小沢法によって初期核生成後の結晶成長の活性化エネルギーを求めた。すると、およそ3.04eVという値が得られた。また、反応速度式を理論曲線とのフィッティングから求めたところ、無秩序核生成とその成長モデルによって、最も良く説明されることが判明し、基板界面等の結晶核からランダムに核が発生し、その核からの結晶成長というモデルの妥当性が確認された。

【0019】前述と全く同様の測定を、ニッケルを微量添加したものについても行ってみた。すると、10℃/minの速度で昇温を行った場合には619.9℃から結晶化が開始し、それら一連の測定から求めた結晶成長の活性化エネルギーはおよそ1.87eVであって、結晶成長が容易となっていることが数値的にも明らかとなった。また、理論曲線とのフィッティングから求めた反応速度式は、一次元的界面律速のモデルに近く、結晶成長に一定方向の方向性を有することが示唆された。

【0020】次に、今回のニッケル微量添加したものの結晶形態についてTEM(透過型電子顕微鏡)で観察した結果を示す。TEM観察の結果から判明した特徴的な現象として、ニッケルを添加した領域と、その近傍の部分で結晶成長が異なるということが挙げられる。即ち、ニッケルを添加した領域について、断面から観察する

と、モアレあるいは格子像とみられる縞が基板にほぼ垂直に観測され、このことは添加したニッケルあるいはその珪素との化合物が結晶核となり、ニッケルを添加していないものと同様に基板にほぼ垂直に柱状の結晶が成長することを示すものと考えられる。ニッケルを添加した領域について表面から観察すると、エピタキシーのように完全に揃っている訳ではないことが判明した。そのことを示すTED(透過電子線回折)パターンを図4に示す。図4はニッケルを添加した領域に、膜面に垂直に電子線を入射して得られたパターンであり、電子線の径は数ミクロン、また中央の大きな黒丸は(000)からのパターンである。図4から、少なくとも3種類程度の角度のずれた結晶が観測され、また完全にはリングとなっていないことから、一つの結晶粒がかなりの大きさを有することが判明した。このことを更に確認すべく、薄膜XRD(X線回折)を用いて、配向性の評価を行ったところ、主として{111}あるいは{110}のピークが観測された。ここで{hkl}とは、(hkl)面に等価な面の全てを含んだものを示す記号である。この結果を、同じ膜厚のニッケルを添加していない薄膜を結晶化したものの薄膜XRDの結果と比較したところ、今回のニッケル微量添加したものは{110}に対して{111}の強度が明らかに増大しており、ニッケルを添加することにより配向性が高くなっていることが明らかとなった。

【0021】次いで、ニッケルを添加した領域の近傍の結晶形態の観察結果を示す。まず、ニッケルを直接微量添加していない領域が結晶化すること自体が予想外であったのであるが、ニッケル微量添加部分、その近傍の横方向の結晶成長部分(以後横成長部分と略)、更に遠方の非晶質部分(かなり離れた部分では低温結晶化は行われず、非晶質部分が残る)について、ニッケルの濃度をSIMS(二次イオン質量分析法)により調べた所、横成長部分はニッケル微量添加部分部分から約1桁少ない量が検出され、非晶質部分は更に約1桁少ない量が観測された。すなわち、ニッケルはかなり広範囲に渡って拡散しており、ニッケルを添加した領域の近傍の領域の結晶化もまたニッケル微量添加の効果であると考えられる。

【0022】まず、ニッケルを添加した領域の近傍の表面TEM像を図5に示す。図より明らかなように、特徴的な、幅の揃った針状または柱状の結晶が基板に平行方向に観測される。この基板に平行な横成長は、ニッケルを微量添加した領域から、大きいものでは数百μmも成長することが観測され、時間の増加及び温度が高くなるに比例して成長量も増大することも判った。例として、550℃4時間においては約20μm程度の成長が観測された。また、これらの結晶が交差する角度はいずれの場合も約60度であり、場所によらないことも判明している。次いで、上記領域のTEDパターンを図6及び図

7に示す。図6は針状結晶の先端を、図7はある程度針状結晶が重なっている領域を示す。非常にパターンがシンプルであり、単結晶或いは多くても双晶のようなものが見られる程度で、結晶方位は非常に揃っており、このパターンは〔111〕入射と極めて良く一致している。その結果、基板に平行な面が〔111〕であることが明らかとなった。すると、結晶成長方向は、〔111〕に垂直な方向であるので、上記横成長している結晶はその軸方向が〔110〕方向であることがわかる。この関係を、図8に簡単に示す。また、〔110〕面あるいは〔110〕の軸方向は、〔111〕方向に対して6回対称性を有しており、そのため前述の約60度で交差する場合には、それぞれが〔110〕方向に結晶成長可能であって、図7のTEDパターンが単結晶ライクであることと矛盾はない。

【0023】以上の実験事実に基づき、発明者らは以下のような機構により結晶化が進行すると考えている。

【0024】まず、核発生が起こるが、この際の活性化エネルギーがニッケルの微量添加により低減される。このことはニッケルを添加することにより、より低温から結晶化が発生していることから自明であって、この理由としてはニッケルの異物としての効果以外にも、ニッケルと珪素からなる金属間化合物の内の一つが、結晶シリコンと格子定数が近いことに起因している可能性もあると考えている。また、この核発生はニッケルの添加した領域全面についてほぼ同時に発生するため、結果として結晶成長は面のまま成長するような機構となり、この場合反応速度式は一次元的界面律速過程となり、基板に概略垂直な柱状の結晶が得られる。しかしながら、膜厚に制限されること、及び応力等の影響で、完全に揃った結晶軸を有するとまではいかない。

【0025】しかしながら、基板に水平方向は、垂直方向と比較して均質であるため、柱状あるいは針状の結晶がニッケル添加部分を核として横方向に揃って成長し、その方向は〔110〕となる。勿論この場合も反応速度式は一次元界面律速型となることが予想される。結晶成長の活性化エネルギーは、前述の通りニッケルを添加することにより低減されているため、この横方向の成長速度は非常に速いことが期待され、事実そうになっている。ただし、〔110〕方向に結晶成長する理由はまだ解明できていない。

【0026】次に、上記ニッケル微量添加部分とその近傍の横成長部分についての電気特性を説明する。ニッケル微量添加部分の電気特性は、導電率に関してはほぼニッケルを添加していない膜、即ち600℃程度で数十時間結晶化を行ったものと同程度の値であり、また導電率の温度依存性から活性化エネルギーを求めたところ、ニッケルの添加量を前述の様に $1.0^{17} \text{ atoms/cm}^3 \sim 1.0^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 程度とした場合には、ニッケルの準位に起因すると思われる様な挙動は観測されな

かった。即ち、この実験事実からは、上記の濃度であればTFTの活性層等として使用が可能であることが考察される。

【0027】それに対し、横成長部分は、導電率がニッケル微量添加部分と比較して1桁以上高く、結晶性を有する珪素半導体としてはかなり高い値を有していた。このことは、電流のパス方向が結晶の横成長方向と合致したため、電極間で電子が通過する間に存在する粒界が少ないあるいは殆ど無かったことによるものと考えられ、透過電子顕微鏡写真の結果と矛盾無く一致する。即ち、キャリアの移動が針状または柱状に成長した結晶の粒界に沿ったものとなるので、キャリアは移動しやすい状態が実現されている、と考えることができる。

【0028】そこで、本発明は、上記結晶粒界に概略沿った方向と半導体装置（例えばTFT）内のキャリアが移動する方向を概略一致せしめることにより、キャリアの移動度を向上させるものである。この結晶粒界に沿った方向は、針状または柱状に結晶成長した成長方向であり、しかもこの成長方向は、〔110〕の軸方向に結晶性を有する方向であり、さらにまたこの方向は、前述のように他の方向（例えば結晶成長に垂直な方向）に対して選択的に高い導電率を有する方向である。また現実問題として、結晶成長方向とキャリアの流れる方向とが完全に一致することは困難であり、また結晶も完全に全面に渡って、一様な方向に揃って成長するわけではない。そこで実際問題としては、結晶成長の方向は平均的な方向として定められる。またその方向とキャリアの流れる方向とは $\pm 20^\circ$ 程度の範囲であれば一致しているとみなすことができる。

【0029】また、本発明で用いられる基板上の結晶性珪素膜は、単結晶珪素でなはいことは重要である。即ち、薄膜状に結晶化した結晶性珪素膜であって、しかもその結晶成長の方向が〔110〕の軸方向であることが特徴であり、単結晶珪素とは本質的に異なるものである。従って、特に本発明における結晶性珪素膜を結晶性を有する非単結晶珪素膜ということが出来る。

【0030】では最後に、上述の各種特性を踏まえた上でTFTに応用する方法について説明する。ここでTFTの応用分野としてはTFTを画素の駆動に用いるアクティブマトリックス型液晶表示装置を想定するものとする。

【0031】前述の様に、最近の大画面のアクティブマトリックス型液晶表示装置においては、ガラス基板の縮みを抑えることが重要であるが、本発明のニッケル微量添加プロセスを用いることにより、ガラスの歪み点に比較して十分に低い温度で結晶化が可能であり、特に好適である。本発明を用いれば、従来非晶質珪素を用いていた部分を、ニッケルを微量添加し、500～550℃程度で4時間程度結晶化させることにより、結晶性を有するシリコンに置き換えることが容易に可能である。勿

論、デザインルール等をそれ相応に変更する必要はあるが、装置、プロセス共従来の物で十分に対応可能であり、そのメリットは大きいものと考えられる。

【0032】しかも、今回の発明を用いれば、画素に用いるTFTと、周辺回路のドライバーを形成するTFTとを、それぞれ特性に応じた結晶形態を利用して作り分けることも可能であり、アクティブ型液晶表示装置への応用に特にメリットが多い。画素に用いるTFTは、それほどモビリティは必要とされておらず、それよりはオフ電流が小さいことの方がメリットが大きい。そこで本発明を用いる場合には、画素に用いるTFTとなるべき領域に直接ニッケル微量添加を行うことによって、結晶を縦方向に成長させ、その結果チャンネル方向に粒界を多数形成してオフ電流を低下させることが可能である。それに対して、周辺回路のドライバーを形成するTFTは、今後ワークステーションへの応用等を考えた場合には、非常に高いモビリティが必要である。そこで本発明を応用する場合には、周辺回路のドライバーを形成するTFTの近傍にニッケルの微量添加を行い、そこから一方に結晶を成長させ、その結晶成長方向をチャンネルの電流のパス方向と揃えることにより、非常に高いモビリティを有するTFTを作製することが可能である。

【0033】このようにして特定の方向に選択的に結晶化をおこなわせしめて、結晶性珪素膜を得ることができるが、このような結晶性珪素膜の特性をより向上せしめんとすれば、結晶化工程の後に、レーザーもしくはそれと同等な強光を照射することによって、粒界等に残存する結晶化の不十分な成分を結晶化させてやればよい。この工程においては、残っていた非晶質成分は先の加熱工程によって形成された結晶を核として結晶成長し、粒界が消滅してしまうのでより高い特性を得ることができる。

【0034】

【作用】薄膜半導体を用いた半導体装置において、膜の平面方向に針状または柱状に結晶成長した結晶性珪素膜の結晶成長方向をキャリアの移動方向とすることにより、キャリアの移動を結晶粒界に沿った方向とすることができ、キャリアを高移動度で動かすことができる。

【0035】

【実施例】

【実施例1】本実施例は、ガラス基板上に結晶シリコンを用いたPチャンネル型TFT（PTFTという）とNチャンネル型TFT（NTFTという）とを相補型に組み合わせた回路を形成する例である。本実施例の構成は、アクティブ型の液晶表示装置の画素電極のスイッチング素子や周辺ドライバー回路、さらにはイメージセンサや集積回路に利用することができる。

【0036】図1に本実施例の作製工程の断面図を示す。まず、基板（コーニング7059）101上にスパッタリング法によって厚さ2000Åの酸化珪素の下地

膜102を形成した。つぎにメタルマスクまたは酸化珪素膜等によって形成されたマスク103を設ける。このマスク103は、スリット状に下地膜102を露呈させる。この状態を上面から見ると、スリット状に下地膜102は露呈しており、他部分はマスクされている状態となっている。

【0037】上記マスク103を設けた後、スパッタリング法によって、厚さ5～200Å、例えば20Åの珪化ニッケル膜（化学式 NiSi_x 、 $0.4 \leq x \leq 2$ 、例えば、 $x=2.0$ ）を100の領域に選択的に成膜する。（図1（A））

【0038】つぎに、プラズマCVD法によって、厚さ500～1500Å、例えば1000Åの真性（I型）の非晶質珪素膜104を成膜する。そして、これを水素還元雰囲気下（好ましくは、水素の分圧が0.1～1気圧）、550℃、または不活性雰囲気（大気圧）、550℃、で4時間アニールして結晶化させる。この際、珪化ニッケル膜が選択的に成膜された100の領域においては、基板101に対して垂直方向に結晶性珪素膜104の結晶化が起こる。そして、領域100以外の領域では、矢印105で示すように、領域100から横方向（基板と平行な方向）に結晶成長が行われる。

【0039】上記工程の結果、非晶質珪素膜を結晶化させて、結晶性珪素膜104を得ることができる。その後、スパッタリング法によって厚さ1000Åの酸化珪素膜106をゲート絶縁膜として成膜する。スパッタリングには、ターゲットとして酸化珪素を用い、スパッタリング時の基板温度は200～400℃、例えば350℃、スパッタリング雰囲気は酸素とアルゴンで、アルゴン/酸素=0～0.5、例えば0.1以下とする。引き続いて、スパッタリング法によって、厚さ6000～8000Å、例えば6000Åのアルミニウム（0.1～2%のシリコンを含む）を成膜する。なお、この酸化珪素膜106とアルミニウム膜の成膜工程は連続的に行うことが望ましい。

【0040】そして、珪素膜104をパターンニングして、ゲート電極107、109を形成する。さらに、このアルミニウムの電極の表面を陽極酸化して、表面に酸化層108、110を形成する。この陽極酸化は、酒石酸が1～5%含まれたエチレングリコール溶液中で行った。得られた酸化層108、110の厚さは2000Åであった。なお、この酸化層108と110とは、後のイオンドーピング工程において、オフセットゲート領域を形成する厚さとなるので、オフセットゲート領域の長さを上記陽極酸化工程で決めることができる。

【0041】次に、イオンドーピング法によって、活性層領域（ソース/ドレイン、チャンネルを構成する）に一導電型を付与する不純物を添加する。このドーピング工程において、ゲート電極107とその周囲の酸化層108、ゲート電極109とその周囲の酸化層110をマス

クとして不純物（燐およびホウ素）を注入する。ドーピングガスとして、フォスフィン（ PH_3 ）およびジボラン（ B_2H_6 ）を用い、前者の場合は、加速電圧を60～90kV、例えば80kV、後者の場合は、40～80kV、例えば65kVとする。ドーズ量は $1 \times 10^{15} \sim 8 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 、例えば、燐を $2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 、ホウ素を 5×10^{15} とする。ドーピングに際しては、一方の領域をフォトリソで覆うことによって、それぞれの元素を選択的にドーピングする。この結果、N型の不純物領域114と116、P型の不純物領域111と113が形成され、Pチャネル型TFT（PTFT）の領域とNチャネル型TFT（NTFT）との領域を形成することができる。

【0042】その後、レーザー光の照射によってアニールを行う。レーザー光としては、KrFエキシマレーザー（波長248nm、パルス幅20nsec）を用いたが、他のレーザーであってもよい。レーザー光の照射条件は、エネルギー密度が200～400mJ/cm²、例えば250mJ/cm²とし、一か所につき2～10ショット、例えば2ショット照射する。このレーザー光の照射時に基板を200～450℃程度に加熱することは有用である。このレーザーアニール工程において、先に結晶化された領域にはニッケルが拡散しているため、このレーザー光の照射によって、再結晶化が容易に進行し、P型を付与する不純物がドーピングされた不純物領域111と113、さらにはNを付与する不純物がドーピングされた不純物領域114と116は、容易に活性化させることができる。

【0043】続いて、厚さ6000Åの酸化珪素膜118を層間絶縁物としてプラズマCVD法によって形成し、これにコンタクトホールを形成して、金属材料、例えば、窒化チタンとアルミニウムの多層膜によってTFTの電極・配線117、120、119を形成する。最後に、1気圧の水素雰囲気中で350℃、30分のアニールを行い、TFTを相補型に構成した半導体回路を完成した。（図1（D））

【0044】上記に示す回路は、PTFTとNTFTとを相補型に設けたCMOS構造であるが、上記工程において、2つのTFTを同時に作り、中央で切断することにより、独立したTFTを2つ同時に作製することも可能である。

【0045】図2に、図1（D）を上面から見た概要を示す。図2における符号は図1の符号に対応する。図2に示すように結晶化の方向は矢印で示す方向であり、ソース／ドレイン領域の方向（ソース領域とドレイン領域を結んだ線方向）に結晶成長が行われている。この構成のTFTの動作時において、キャリアはソース／ドレイン間を針状あるいは柱状に成長した結晶に沿って移動する。即ちキャリアは針状あるいは柱状の結晶の結晶粒界に沿って移動する。従って、キャリアが移動する際に受

ける抵抗を低減することができ、高移動度を有するTFTを得ることができる。

【0046】本実施例においては、Niを導入する方法として、非晶質珪素膜104下の下地膜102上に選択的にNiを薄膜（極めて薄いので、膜として観察することは困難である）として形成し、この部分から結晶成長を行わず方法を採用したが、非晶質珪素膜104を形成後に、選択的に珪化ニッケル膜を成膜する方法でもよい。即ち、結晶成長は非晶質珪素膜の上面から行ってもよいし、下面から行ってもよい。また、予め非晶質珪素膜を成膜し、さらにイオンドーピング法を用いて、ニッケルイオンをこの非晶質珪素膜104中に選択的に注入する方法を採用してもよい。この場合は、ニッケル元素の濃度を制御することができるという特徴を有する。

【0047】〔実施例2〕本実施例は、アクティブ型の液晶表示装置において、Nチャネル型TFTをスイッチング素子として各画素に設けた例である。以下においては、一つの画素について説明するが、他に多数（一般には数十万）の画素が同様な構造で形成される。また、Nチャネル型ではなくPチャネル型でもよいことはいうまでもない。また、液晶表示装置の画素部分に設けるのではなく、周辺回路部分にも利用できる。また、イメージセンサや他の装置に利用することができる。即ち薄膜トランジスタと利用するのであれば、特にその用途が限定されるものではない。

【0048】本実施例の作製工程の概略を図3に示す。本実施例において、基板201としてはコーニング7059ガラス基板（厚さ1.1mm、300×400mm）を使用した。まず、下地膜203（酸化珪素）をスパッタリング法で2000Åの厚さに形成する。この後、選択的にニッケルを導入するために、メタルマスクや酸化珪素膜、またはフォトリソ等により、マスク203を形成する。そして、スパッタリング法により珪化ニッケル膜を成膜する。この珪化ニッケル膜は、スパッタリング法によって、厚さ5～200Å、例えば20Åの厚さに形成する。この珪化ニッケル膜は、化学式 NiSi_x 、 $0.4 \leq x \leq 2.5$ 、例えば、 $x=2.0$ で示される。このようにして、選択的に領域204に珪化ニッケル膜が形成される。

【0049】この後、LPCVD法もしくはプラズマCVD法で非晶質珪素膜205を1000Åの厚さに形成し、400℃で1時間脱水素化を行った後、加熱アニールによって結晶化を行う。このアニール工程は、水素還元雰囲気下（好ましくは、水素の分圧が0.1～1気圧）、550℃で4時間行った。またこの加熱アニール工程を窒素等の不活性雰囲気中で行ってもよい。

【0050】このアニール工程において、非晶質珪素膜205下の一部の領域には、珪化ニッケル膜が形成されているので、この部分から結晶化が起こる。この結晶化の際、図3（B）の矢印で示すように、珪化ニッケルが

成膜されている部分204では、基板201に垂直方向にシリコンの結晶成長が進行する。また、同様に矢印で示されるように、珪化ニッケルが成膜されていない領域（領域205以外の領域）においては、基板に対し、平行な方向に結晶成長が行われる。

【0051】こうして、結晶性珪素よりなる半導体膜205を得ることができる。次に、上記半導体膜205をパターニングして島状の半導体領域（TFTの活性層）を形成する。さらにテトラ・エトキシ・シラン（TEOS）を原料として、酸素雰囲気中のプラズマCVD法によって、酸化珪素のゲート絶縁膜（厚さ70～120nm、典型的には100nm）206を形成する。基板温度はガラスの縮みやソリを防止するために400℃以下、好ましくは200～350℃とする。

【0052】次に、公知のシリコンを主成分とした膜をCVD法で形成し、パターニングを行うことによって、ゲート電極207を形成する。その後、N型の不純物として、リンをイオンドーピング法で注入し、自己整合的にソース領域208、チャネル形成領域209、ドレイン領域210を形成する。そして、KrFレーザー光を照射することによって、イオンドーピングのために結晶性の劣化した珪素膜の結晶性を改善させる。このときにはレーザー光のエネルギー密度は250～300mJ/cm²とする。このレーザー照射によって、このTFTのソース／ドレインのシート抵抗は300～800Ω/cm²となる。

【0053】その後、酸化珪素によって層間絶縁物211を形成し、さらに、画素電極212をITOによって形成する。そして、コンタクトホールを形成して、TFTのソース／ドレイン領域にクロム／アルミニウム多層膜で電極213、214を形成し、このうち一方の電極213はITO121にも接続するようにする。最後に、水素中で200～300℃で2時間アニールして、シリコンの水素化を完了する。このようにして、TFTを完成する。この工程は、同時に他の多数の画素領域においても同時に行われる。

【0054】本実施例で作製したTFTは、ソース領域、チャネル形成領域、ドレイン領域を構成する活性層として、キャリアの流れる方向に結晶成長させた結晶性珪素膜を用いているので、結晶粒界をキャリアが横切ることがなく、即ちキャリアが針状あるいは柱状の結晶の結晶粒界に沿って移動することになるから、キャリアの移動度の高いTFTを得ることができた。本実施例で作製したTFTはNチャネル型であり、その移動度は、90～130（cm²/Vs）であった。従来の600℃、48時間の熱アニールによる結晶化によって得られた結晶シリコン膜を用いたNチャネル型TFTに移動が、80～100（cm²/Vs）であったことと比較すると、これは大きな特性の向上である。

【0055】また上記の工程と同様な作製方法によ

て、Pチャネル型TFTを作製し、その移動度を測定すると、50～80（cm²/Vs）であった。これも従来の600℃、48時間の熱アニールによる結晶化によって得られた結晶性珪素膜を用いたPチャネル型TFTに移動が、30～60（cm²/Vs）であったことに比較すると大きな特性の向上である。

【0056】〔実施例3〕本実施例は、実施例2に示すTFTにおいて、結晶の成長方向に大して垂直な方向にソース／ドレインを設けた例である。即ち、移動する方向が結晶成長方向とは垂直になっており、針状あるいは柱状の結晶の結晶粒界を横切るようにしてキャリアが移動する構成とした例である。このような構成とすると、ソース／ドレイン間の抵抗を高くすることができる。これは、針状あるいは柱状に結晶成長した結晶の結晶粒界を横切るようにキャリアが移動しなければならないためである。本実施例の構成を実現するには、実施例2に示す構成において、単にTFTをどのような向きで設けるかを設定すればよい。

【0057】〔実施例4〕本実施例は、実施例2に示す構成において、TFTを設ける向き（ここではソース／ドレイン領域を結ぶ線で定義する。即ち、キャリアの流れる向きでTFTの方向を決めることとする）を結晶性珪素膜の基板表面に対する結晶成長方向と任意の角度で設定することにより、TFTの特性を選択することを要旨とする。

【0058】前述のように、結晶の成長方向にキャリアを移動させる場合、キャリアは結晶粒界に沿って移動するので、その移動度を向上させることができる。一方、結晶の成長方向に対して垂直な方向にキャリアを移動させる場合には、キャリアが多数の粒界を横切らなければならないので、キャリアの移動度は低下する。

【0059】そこで、この2つの状態の間で、即ち結晶成長方向とキャリアの移動する方向との角度を0～90°の範囲において設定することにより、キャリアの移動度を制御することができる。また別な見方をするならば、上記結晶成長方向とキャリアの移動する方向との角度を設定することにより、ソース／ドレイン領域間の抵抗を制御できることになる。勿論この構成は、実施例1に示す構成にも利用することができる。この場合、図2に示すスリット状のニッケル微量添加領域100が0～90°の範囲で回転し、矢印105で示す結晶の成長方向と、ソース／ドレイン領域を結ぶ線との角度が0～90°範囲で選択されることになる。そして、この角度が、0°に近い場合は移動度が大きく、ソース／ドレイン間の電気抵抗が小さい構成とすることができる。またこの角度が90°に近い場合、移動度が大きく、ソース／ドレイン間の抵抗が小さい構成とすることができる。

【0060】〔実施例5〕図5に本実施例を示す。ガラス基板301上に、厚さ1000～5000Å、例えば、2000Åの酸化珪素膜302を形成した後、厚さ

300~1500Å、例えば、500Åの非晶質珪素膜303をプラズマCVD法によって形成した。さらに、その上に、500~1500Å、例えば、500Åの酸化珪素膜304を形成した。これらの成膜は連続的に起こうことが望ましい。そして、酸化珪素膜304を選択的にエッチングして、ニッケルを導入する窓305を開けた。窓305はTFTのチャンネルとなるべき部分を避けて形成した。そして、スピンコーティング法によってニッケル塩の膜307を形成した。この方法について説明すると、まず、酢酸ニッケルもしくは硝酸ニッケルを水もしくはエタノールによって希釈化して、25~200ppm、例えば、100ppmの濃度にした。

【0061】一方、基板を過酸化水素水もしくは過酸化水素水とアンモニアの混合溶液に浸漬して、極めて薄い酸化珪素膜を非晶質珪素膜の露出した部分（窓305の領域）に形成した。これは、上記のように調製したニッケル溶液と非晶質珪素膜の界面親和性を向上させるためである。

【0062】このような処理をほどこした基板をスピナーに設置し、緩やかに回転させ、基板上にニッケル溶液を1~10ml、例えば、2ml滴下し、基板全面に溶液を拡げた。この状態を1~10分、例えば、5分保持した。その後、基板の回転数を上げてスピンドライをおこなった。この操作はさらに複数回繰り返してもよい。このようにしてニッケル塩の薄い膜307を形成した。（図9（A））

【0063】そして、イオン注入法によって、珪素イオンの注入をおこなった。この際には窓305の部分以外、すなわち、酸化珪素膜304で覆われた領域においては、珪素イオンが下地の酸化珪素膜302と非晶質珪素膜303の界面に最も多くのイオンが注入されるようにおこなった。なお、この際、窓305の領域では、酸化珪素膜304が存在しないため、珪素イオンはより深く注入される。

【0064】その後、加熱炉において、520~580℃、4~12時間、例えば、550℃で8時間の加熱処理をおこなった。雰囲気は窒素とした。この結果、まず、窓305の直下の領域にニッケルが拡散し、この領域から結晶化が始まった。そして、結晶化領域は矢印308に示すように、その周囲に広がっていった。（図9（B））

【0065】その後、大気もしくは酸素雰囲気において、KrFエキシマレーザー光（波長248nm）もしくはXeClエキシマレーザー光（波長308nm）を1~20ショット、例えば、5ショット照射して、さらに結晶性を向上せしめた。エネルギー密度は200~350mJ/cm²、基板温度は200~400℃とした。（図9（C））

【0066】その後、珪素膜303をエッチングして、TFTの領域を形成した。そして、全面に厚さ1000

~1500Å、例えば、1200Åの酸化珪素膜309を形成し、実施例1の場合と同様にアルミニウムによってPTFTのゲイト電極310、およびNTFTのゲイト電極313、ならびに、それぞれの陽極酸化膜312、314によってゲイト電極部を形成した。

【0067】そして、これらゲイト電極部をマスクとして、実施例1と同様にN型およびP型の不純物をイオンドーピング法によって珪素膜中に注入した。この結果、PTFTのソース315、チャンネル316、ドレイン317、周辺回路のNTFTのソース320、チャンネル319、ドレイン318が形成された。その後、実施例1と同様に全面にレーザー照射をおこなって、ドーピングされた不純物の活性化をおこなった。（図9（D））

【0068】その後、層間絶縁物として厚さ3000~8000Å、例えば、5000Åの酸化珪素膜321を形成した。この後、TFTのソース/ドレインにコンタクトホールを形成し、さらに、スパッタリング法によって、窒化チタン（厚さ1000Å）とアルミニウム（厚さ5000Å）の2層膜を堆積して、これをパターンニング・エッチングして、電極・配線322~324を形成した。このようにして、横方向に成長した結晶性珪素によってPTFTとNTFTからなるインバータ回路を形成することができた。（図9（E））

【0069】本実施例でも実施例1と同様に結晶化の方向508はTFTのキャリアの流れる方向（すなわち、ソースドレイン方向）と同じである。そのため、本実施例でもTFTのドレイン電流は大きくなり、高速動作に都合がよい。加えて、本実施例では図9（C）にあるように、レーザー照射をおこなう。この工程では、針状に成長した珪素結晶間に残った非晶質成分まで結晶化され、しかも、この結晶化は針状結晶を核として、針状結晶を太くするように結晶化する。このことは電流の流れる領域を拡げることとなり、より大きなドレイン電流を流すことができる。

【0070】この様子を図10に示す。図10は結晶化した珪素膜を薄膜化して透過型電子顕微鏡（TEM）によって観察したものである。図10（A）は横方向への成長によって結晶化した珪素膜の結晶化領域の先端付近を見たものであり、針状の結晶が観察される。さらに、その結晶の間には結晶化していない非晶質領域が多く存在しているのが分かる。（図10（A））

【0071】これを本実施例の条件でレーザー照射すると、図10（B）のようになる。この工程によって、図10（A）の大部分の面積を占めていた非晶質領域は結晶化するが、この結晶化は乱雑に発生するため、電気的な特性はあまり良くない。注目すべきは、中央付近に観察される針状結晶の間のもともと非晶質であったと思われる領域の結晶状態である。ここは、針状結晶から結晶化成長するように、太い結晶領域が形成されている。（図10（B））

【0072】図10は分かりやすくするために、比較的、非晶質領域の多い結晶成長の先端領域を観察したものであったが、結晶成長の根元付近や中央付近でも同様である。このように、レーザー照射によって、非晶質部分を減らし、針状結晶を太くすることができ、TFTの特性をさらに向上せしめることができる。

【0073】

【効果】基板上に設けられ、しかも基板表面に平行な方向に結晶成長した結晶性を有する非単結晶珪素半導体膜をTFTに利用するに際して、TFT内を移動するキャリアの流れの方向を結晶成長が行われた方向と合わせるにより、キャリアの移動が針状または柱状に成長した結晶の結晶粒界に沿って（平行に）移動する構成とすることができ、高移動度を有するTFTを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例の作製工程を示す。

【図2】 実施例の概要を示す。

【図3】 実施例の概要を示す。

【図4】 電子線回折像を示す。

【図5】 珪素膜の結晶構造を示す写真である。

【図6】 電子線回折像を示す。

【図7】 電子線回折像を示す。

【図8】 結晶方位を示した模式図である。

【図9】 実施例の作製工程を示す。

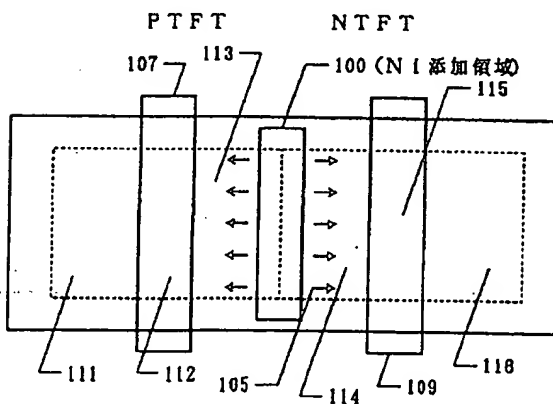
【図10】 実施例の結晶構造を示す。

【符号の説明】

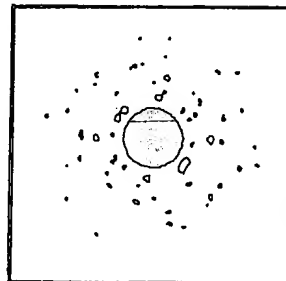
| | |
|-----|------------|
| 101 | ガラス基板 |
| 102 | 下地膜（酸化珪素膜） |
| 103 | マスク |
| 104 | 珪素膜 |

| | |
|-----|------------|
| 105 | 結晶化の方向 |
| 106 | ゲート絶縁膜 |
| 107 | ゲート電極 |
| 108 | 陽極酸化層 |
| 109 | ゲート電極 |
| 110 | 陽極酸化層 |
| 111 | ソース／ドレイン領域 |
| 112 | チャネル形成領域 |
| 113 | ドレイン／ソース領域 |
| 114 | ソース／ドレイン領域 |
| 115 | チャネル形成領域 |
| 116 | ドレイン／ソース領域 |
| 117 | 電極 |
| 118 | 層間絶縁物 |
| 120 | 電極 |
| 119 | 電極 |
| 201 | ガラス基板 |
| 202 | 下地膜（酸化珪素膜） |
| 203 | マスク |
| 204 | ニッケル微量添加領域 |
| 205 | 珪素膜 |
| 206 | ゲート絶縁膜 |
| 207 | ゲート電極 |
| 208 | ソース／ドレイン領域 |
| 209 | チャネル形成領域 |
| 210 | ドレイン／ソース領域 |
| 211 | 層間絶縁物 |
| 213 | 電極 |
| 214 | 電極 |
| 212 | ITO（画素電極） |

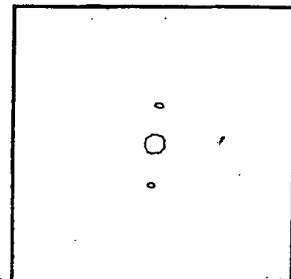
【図2】



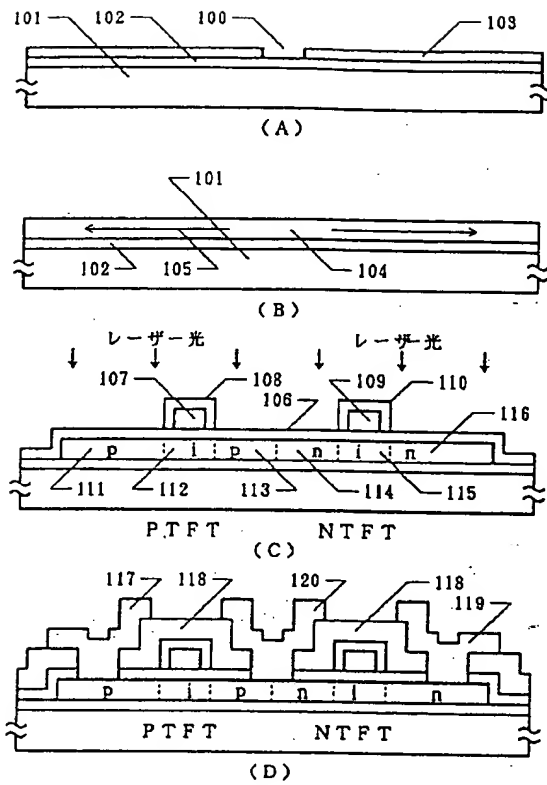
【図4】



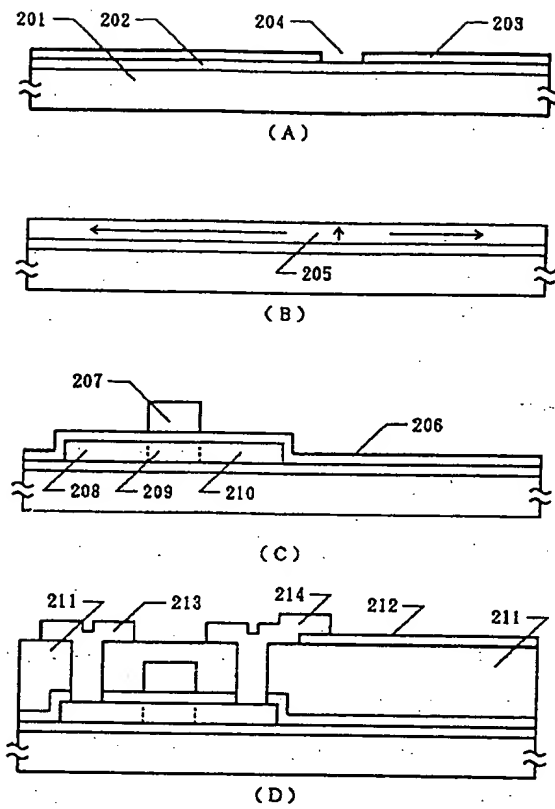
【図6】



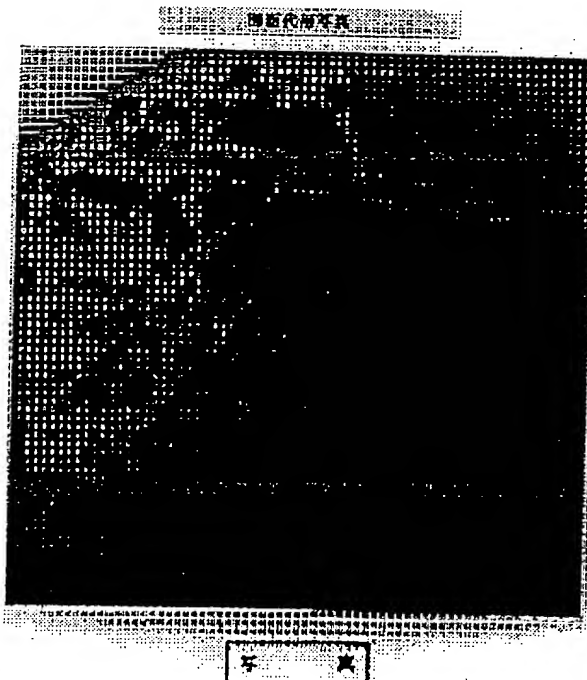
【図1】



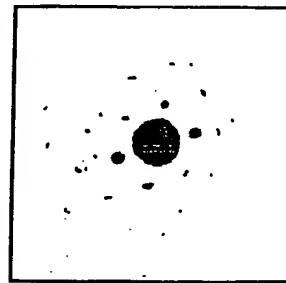
【図3】



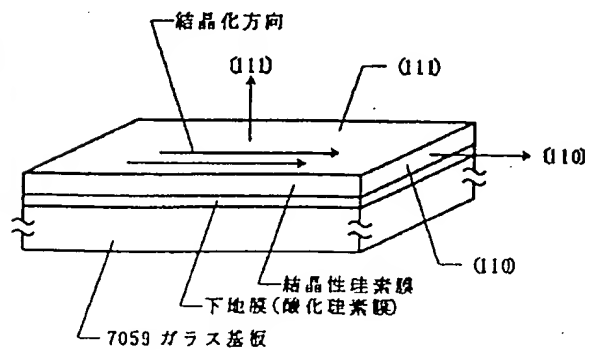
【図5】



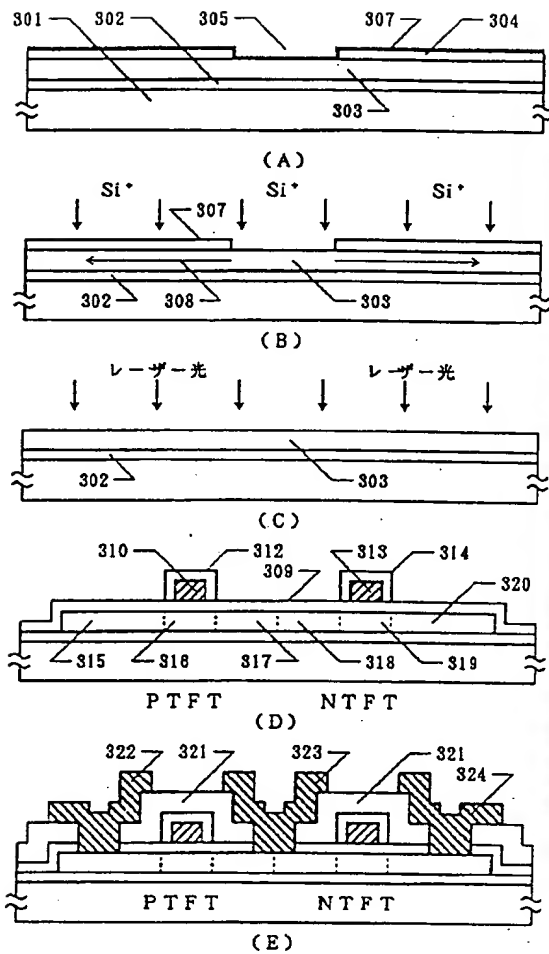
【図7】



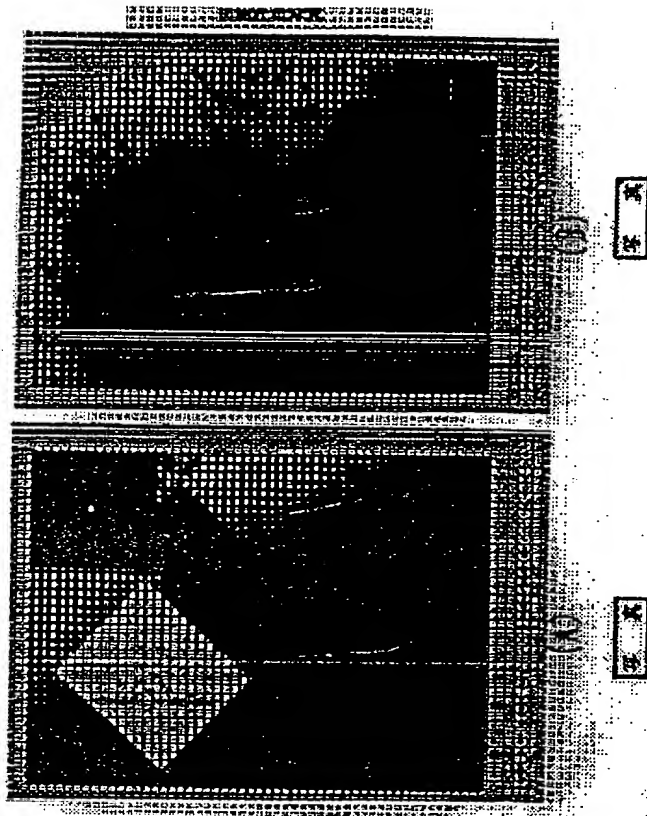
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72) 発明者 宮永 昭治
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
 導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 大谷 久
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
 導体エネルギー研究所内

【公報種別】公開特許公報の訂正

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成8年(1996)4月2日

【公開番号】特開平7-99314

【公開日】平成7年(1995)4月11日

【年通号数】公開特許公報7-994

【出願番号】特願平6-133633

【訂正要旨】分類誤載につき下記の通り訂正する。

【記】

【国際特許分類第6版】

【誤】

H01L 29/784

21/20 8122-4M

21/205

27/092

【正】

H01L 29/78

21/20 8418-4M

21/205 7352-4M

27/092